



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

REKONSTRUKCE ZÁSObNÍKU NA SLÍNEK

RECONSTRUCTION OF THE CEMENT COMPONENT STORAGE STRUCTURE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. LADISLAV KLUSÁČEK, CSc.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Lenka Bažantová
Název	Rekonstrukce zásobníku na slínek
Vedoucí práce	doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Situace, příčný a podélný řez, geotechnické poměry. Průzkum stávající konstrukce.

Základní normy:

ČSN EN 1990 včetně změny A1: Zásady navrhování konstrukcí.

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

Literatura doporučená vedoucím diplomové práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro zadaný problém navrhnete více než jednu variantu zesílení nosné konstrukce sila a zhodnoťte je.

Podrobný návrh proveďte podle mezních stavů únosnosti a použitelnosti včetně řešení vlivu výstavby a provozu konstrukce sila na jeho stav a návrh rekonstrukce.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje Průvodní zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady a varianty řešení

P2. Výkresy (přehledné, podrobné a detaily v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

P3. Stavební postup a vizualizace

P4. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (3x), Popisný soubor závěrečné práce

Diplomová práce bude odevzdána 1x v listinné podobě a 1x v elektronické podobě na CD.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na návrh rekonstrukce železobetonové předpjaté konstrukce zásobníku na slínek. Nosný systém konstrukce je tvořen železobetonovou stěnou, na které je ve vrstvě stříkaného betonu uložena předpínací výztuž. Předběžný průzkum odhalil poruchy, které by mohly narušit statiku objektu. Cílem této práce je navrhnout řešení zesílení nosné konstrukce. Práce obsahuje dvě varianty řešení rekonstrukce. Pro zvolenou variantu je vypracován statický posudek včetně vlivu výstavby, stavební postup a výkresová dokumentace.

KLÍČOVÁ SLOVA

Rekonstrukce, železobeton, předpětí, válcový zásobník, mezní stav únosnosti, vliv výstavby, výkresová dokumentace

ABSTRACT

The thesis is focused on the design of the reconstruction of the reinforced concrete pre-stressed construction of the clinker reservoir. The supporting system of the structure consists of a reinforced concrete wall on which a prestressing reinforcement is applied in the sprayed concrete layer. Preliminary research revealed disturbances that could disrupt static objects. The aim of this work is to propose a solution for the reinforcement of the supporting structure. The thesis contains two variants of the reconstruction solution. A static report is prepared for the selected option, including the impact of the construction, the construction procedure and the drawing documentation.

KEYWORDS

refit works, reinforced concrete, circular silo, prestress ultimate limit state, influence of construction, drawings

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Lenka Bažantová *Rekonstrukce zásobníku na slínek*. Brno, 2018. 21 s., 102 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2018

Bc. Lenka Bažantová
autor práce

Poděkování:

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu diplomová práce panu doc. Ing. Ladislavu Klusáčkovi, CSc. za ochotu, trpělivost, cenné rady a připomínky, které mi k mé práci poskytl. Dále bych ráda poděkovala svým rodičům za podporu během studia.

Obsah:

Obsah:	- 8 -
1. Úvod	- 9 -
2. Technická zpráva	- 10 -
2.1. Identifikační údaje	- 10 -
2.2. Konstrukční systém	- 10 -
2.3. Průzkum konstrukce	- 10 -
2.4. Materiály	- 11 -
2.5. Podklady pro výpočet zatížení a kombinací zatížení	- 12 -
2.6. Návrh zesílení – zvolená varianta	- 13 -
3. Průvodní zpráva statickým výpočtem	- 15 -
4. Závěr	- 17 -
5. Seznam použitých zdrojů	- 18 -
6. Seznam použitých zkratk a symbolů	- 19 -
7. Seznam příloh	- 21 -

1. Úvod

Diplomová práce se zabývá návrhem zesílení válcové předpjaté nádrže na slínek.

Konstrukce dlouhodobě vykazuje známky poruchy vrstvy stříkaného betonu, ve kterém je uložena předpínací výztuž. Nejvýraznější jsou ve spodní části pláště sila, kde se beton uvolnil a odpadá. Průzkum konstrukce ukázal, že v celém povrchu torkretu je síť trhlin, která může způsobit další poruchy. Vlivem těchto závad dochází ke korozi předpínacích drátů. Proto je nutné konstrukci zesílit.

Práce obsahuje dvě varianty řešení rekonstrukce. Pro zvolenou variantu je vypracována technická zpráva, statický posudek včetně vlivu výstavby, stavební postup a výkresová dokumentace.

Modely železobetonové konstrukce byly zhotoveny v programu SCIA Engineer 16.1 a zatíženy stanovenými zatěžovacími stavy a jejich kombinacemi. Na vypočtené vnitřní síly je posouzena válcová stěna zásobníku.



Obrázek 1: Odpadávání stříkaného betonu a koroze předpínacích drátů ve spodní části sila

2. Technická zpráva

2.1. Identifikační údaje

Objednatel: PEM, s.r.o
Čajkovského 35
616 00 Brno
smluvní zástupce: Ing. M. Solařík

Stavba: Slínkové silo
Cementárny a vápenky Prachovice a.s.
Tovární 296/296
538 04 Prachovice



Obrázek 2: Cementárna Prachovice - zásobník na slínek

2.2. Konstrukční systém

Železobetonové válcové předepnuté silo je uloženo na monolitickém základu. Zastřešení má kuželovitý tvar, v jeho středu je zvýšená část, na které je uložen dopravníkový most. Válcová část má průměr 33m a výšku 33m. Stěna sila má tloušťku 400mm, na ní je nanесena vrstva stříkaného betonu tloušťky 80mm, ve které je uložena předpínací výztuž $\phi P4,5$. Patentový drát je rovnoměrně ovinut kolem celého pláště ve 3 vrstvách s hustotou cca 92ks/m.

2.3. Průzkum konstrukce

Průzkum konstrukce provedený vedoucím práce doc. Ing. Ladislavem Klusáčkem, CSc., doc. Ing. Petrem Cikrlem, Ph.D. a Ing. Jiřím Habartou zjistil tyto hlavní závady:

- 1) Nanesená vrstva torkretu má velmi proměnlivou tloušťku, takže průměrně je krytí zajištěno, ve všech místech však ne.

- 2) Poslední vrstva měla být nesena rabičovým pletivem. Toto řešení však bylo ve výsledku pro konstrukci velmi nepříznivé. Torkret přes pletivo dokonale neprošel. Buď v jeho okolí zůstaly kaverny, anebo za pletivem zůstaly dutiny. Obojí je zdrojem karbonatace betonu a koroze oceli.
- 3) Torkret mezi vrstvami předpjaté výztuže není hutný a dutiny v něm umožňují korozi oceli.
- 4) Byla konstatována koroze předpínacích drátů ovinutí. Tento stav je sice nejvýraznější v nejnižší části sila, ale není vázán jen na tuto oblast. Vyskytuje se i v jiných úrovních a nejen v nejvyšší vrstvě ovinutí.

2.4. Materiály

Na základě diagnostických zkoušek byl určen beton válcové stěny sila jako C25/30. Ovíjená předpínací výztuž je $\phi P4,5$. Betonářská výztuž byla uvažována jako B500B.

Pro zesílení konstrukce bude použita předpínací výztuž Y 1860 - S7 - 15,7 a betonářská výztuž B500B. Obetonávka zásobníku je navržena z betonu C25/30.

Beton: C25/30

$$f_{ck}=25 \text{ MPa}$$

$$f_{cd}=16,67 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{cu3}=3,50 \text{ ‰}$$

$$f_{ctm}=2,6 \text{ MPa}$$

Betonářská výztuž: B500B

$$f_{yd}=434,783 \text{ MPa}$$

$$f_{yk}=500 \text{ MPa}$$

$$E_s=200 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon_{yd}=2,174 \text{ ‰}$$

Předpínací výztuž: Y 1860 - S7 – 15,7

$$A_{p,1} = 150 \text{ mm}^2$$

$$f_{pk} = 1860 \text{ MPa}$$

$$f_{p0,1k} = 1640 \text{ MPa}$$

$$E_p = 195 \text{ GPa}$$

$$f_{pd} = f_{p0,1k} / \gamma_s = 1640 / 1,15 = 1426 \text{ MPa}$$

2.5. Podklady pro výpočet zatížení a kombinací zatížení

Hodnoty stálého a užitého zatížení jsou stanoveny dle ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.

Hodnoty zatížení svislých stěn zásobníku jsou stanoveny dle ČSN EN 1991-4 Zatížení konstrukcí – Část 4: Zatížení zásobníků a nádrží. Náplň sila slínkový cement s těmito vlastnostmi:

objemová tíha: $\gamma_i = 15 \text{ kN/m}^3$

$\gamma_u = 18 \text{ kN/m}^3$

sypný úhel: $\varphi_r = 47^\circ$

úhel vnitřního tření: $\varphi_{\text{lim}} = 40^\circ$

$a_\varphi = 1,2$

poměr bočního tlaku: $K_m = 0,38$

$a_k = 1,31$

součinitel tření o stěnu: $\mu = 0,62$

$a_\mu = 1,07$

Dále je uvažováno zatížení sněhem dle ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Z mapy sněhových oblastí ČR bylo zjištěno, že objekt leží v oblasti III. Charakteristická hodnota zatížení sněhem pro tuto oblast je $s_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$.

Dále je uvažováno zatížení větrem dle ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Z mapy větrných oblastí ČR bylo zjištěno, že objekt leží v oblasti III. Výchozí rychlost větru pro tuto oblast je $v_{b,0} = 27,5 \text{ m/s}$.

Uvažováno je i zatížení teplotou vyvolané rozdílnou teplotou skladovaného materiálu a venkovním prostředím v zimních měsících. Zatížení je uvažováno dle ČSN EN 1991-1-5 Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou. Z mapy minimálních hodnot teplot ve stínu pro ČR bylo zjištěno, že objekt leží v oblasti s $T_{\text{min}} = -32^\circ\text{C}$. Teplota skladovaného materiálu je $T_{\text{max}} = 120^\circ\text{C}$.

Kombinace zatížení jsou provedeny dle ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí. Použita je kombinační rovnice 6.10: $\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \gamma_P \cdot P + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$.

V kombinacích jsou použity tyto součinitele: $\gamma_G = 1,35$

$\gamma_Q = 1,50$

Ostatní kombinační součinitele jsou uvažovány v souladu s národním dodatkem ČSN EN 1991-4 Zatížení konstrukcí – Část 4: Zatížení zásobníků a nádrží dle následující tabulky:

ZS sedání základů a vynucené deformace byly zanedbány, protože průzkum konstrukce neukázal žádné poruchy způsobené těmito zatíženími.

Tabulka NA.2.1 – Mezní stav únosnosti, trvalá návrhová situace – Kombinace proměnných zatížení, které je nutno uvažovat se stálými zatíženími

Zkrácené označení návrhové situace	Návrhová situace	Stálá zatížení		Hlavní proměnné zatížení 1	Vedlejší proměnné zatížení 1 (nejúčinnější)		Vedlejší proměnné zatížení 2		Vedlejší proměnná zatížení 3, 4 atd.	
		Popis	ξ		Popis	$\psi_{0,1}$	Popis	$\psi_{0,2}$	Popis	$\psi_{0,3}$ $\psi_{0,4}$ atd.
D	Vyprazdňování materiálů	Stálá zatížení	0,9	jako zatížení v pravém sloupci	Vyprazdňování materiálů	1,0	Sedání základů	0,7	Sníh, vítr, teplota	0,6
									Užitná zatížení, vynucené deformace	0,7
I	Vynucené deformace	Stálá zatížení	0,9		Plnění materiály	1,0	Vynucené deformace	0,7	Sníh, vítr, teplota	0,6
									Užitná zatížení	0,7
S	Sníh	Stálá zatížení	0,9		Sníh	1,0	Plnění materiály	1,0	Užitná zatížení	0,7
WF	Vítr a plný zásobník	Stálá zatížení	0,9		Vítr	1,0	Plnění materiály, plný zásobník	1,0	Užitná zatížení	0,7
WE	Vítr a prázdný zásobník	Stálá zatížení	0,9		Vítr	1,0	Zásobník bez náplně	0,0	Užitná zatížení	0,7
T	Teplota	Stálá zatížení	0,9		Teplota	1,0	Plnění materiály	1,0	Užitná zatížení	0,7
POZNÁMKA Tabulka A.2 se užívá ve spojení s výrazy (6.10a) a (6.10b) v 6.4.3.2 ČSN EN1990.										

Obrázek 3: Kombinace - ČSN EN 1991-4

2.6. Návrh zesílení – zvolená varianta

Zesílení válcové stěny sila je navrženo pomocí obetonávky tl.250mm z betonu C25/30, vyztužené betonářskou výztuží B500B. Ve vodorovném směru budou v obetonávce vedeny nesoudržné předpínací kabely Y 1860 - S7 – 15,7. Kabely jsou čtyřlanné ve vzdálenosti 250mm. Předpínací výztuž bude kotvena do 4 nově vybetonovaných kotevních bloků o rozměrech 350mm x 2400mm, umístěných po obvodu konstrukce po 90°.

Rekonstrukce bude probíhat ve 4 fázích po 8m výšky, v poslední fázi potom 9m. Objednatel požaduje provedení zesílení zásobníku bez omezení jeho provozu. Statickým výpočtem byla ověřena únosnost kce ve všech fázích výstavby a bylo zjištěno, že požadavek objednatele nelze

splnit z důvodu nedostačující únosnosti železobetonové stěny po odstranění původního předpětí. Aby nemuselo dojít k technické odstávce, bude zesílení konstrukce probíhat za provozu sila. Je ale nutné omezit maximální výšku náplně v jednotlivých fázích rekonstrukce.

3. Průvodní zpráva statickým výpočtem

Strany 3:

V první kapitole jsou schematicky znázorněny základní rozměry zásobníku před a po navrhovaném zesílení.

Strany 4-10:

Ve druhé kapitole jsou v přehledných tabulkách vypsány charakteristické hodnoty stálých zatížení. Následuje výpočet charakteristických hodnot proměnných zatížení a to: zatížení na svislou stěnu zásobníku při plnění, zatížení užité, zatížení sněhem, zatížení větrem a zatížení teplotou.

Strany 10-11:

Ve třetí kapitole je navrženo nové předpětí konstrukce. Na těchto stranách je proveden návrh trasování kabelů.

Strana 12-15:

Dále jsou vypočítány krátkodobé ztráty předpětí: ztráta třením, ztráta pokluzem v kotvě, krátkodobá relaxace a ztráty postupným napínáním kabelů.

Strany 16:

Na této straně je graf, ze kterého vyplývá výpočet průměrné předpínací síly po krátkodobých ztrátách v závislosti na kotvení lan po obvodu konstrukce.

Strany 17-20:

Výpočet pokračuje určením velikosti dlouhodobých ztrát předpětí: vlivem smršťování, vlivem dlouhodobé relaxace a dotvarování.

Strany 20-24:

Čtvrtá kapitola začíná přehledným zobrazením všech zatěžovacích stavů působících na zásobník po zesílení.

Strany 25:

Následuje rozepsání jednotlivých kombinací zatížení.

Strany 26-27:

Dále jsou zobrazeny výsledné vnitřní síly působící na konstrukci po zesílení.

Strany 28:

Na této straně je výpis charakteristik použitých materiálů.

Strany 29-31:

Následuje výpočet MSÚ ve vodorovném a svislém řezu. Kce po zesílení vyhovuje na MSÚ.

Strany 32-35:

V další kapitole je počítána únosnost kce v jednotlivých fázích rekonstrukce. Nejprve pro plný zásobník ve fázi 1. Jsou zde stanoveny ZS, jejich kombinace a zobrazeny vnitřní síly. Z výpočtu únosnosti vyplývá, že rekonstrukce za plného zatížení zásobníku není možná.

Strany 35-38:

Následuje stanovení zatížení ve fázi 1 s omezenou výškou náplně a zobrazení vnitřních sil.

Strana 39-43:

Dále je stanoveno zatížení ve fázi 2 s omezenou výškou náplně a zobrazeny vnitřní síly.

Strany 44-47:

Kapitola pokračuje stanovením zatížení ve fázi 3 s omezenou výškou náplně a výpočtem vnitřních sil.

Strana 48-52:

Následně je stanoveno zatížení a vnitřní síly v poslední fázi 4 s omezenou výškou náplně.

Strany 53-54:

V rozhodujících průřezích je stanovena únosnost v rozhodující fázi rekonstrukce ve vodorovném řezu.

Strany 54-55:

Dále je v rozhodujících průřezích stanovena únosnost v rozhodující fázi rekonstrukce ve svislém řezu.

Strany 56:

Poslední kapitola je řešení kotevní oblasti pomocí příhradové analogie. Je zde zobrazena geometrie a vnitřní síly na zvoleném modelu.

Strany 57-58:

Následuje posouzení tlačných uzlů a vzpěr a návrh výztuže.

4. Závěr

V rámci této diplomové práce byly navrženy dvě varianty řešení rekonstrukce železobetonového válcového zásobníku na slínek viz. P1. Použité podklady a varianty řešení. Pro zvolenou variantu 1 (zesílení pomocí obetonávky a nové předpínací výztuže po celé výšce sila) byl zhotoven model kce v programu SCIA Engineer 16.1 a statický výpočet zesílení konstrukce včetně vlivu jednotlivých fází výstavby.

Z výpočtu vyplývá, že bude v průběhu stavebních prací nutné omezit výšku náplně v zásobníku z důvodu nedostatečné únosnosti kce po odstranění původního předpětí. Přesný postup fází výstavby a omezení výšky náplně je uveden v P3. Stavební postup a vizualizace.

Navržené řešení zesílení konstrukce vyhovuje vnitřním silám z výpočtového modelu.

Pro navržené řešení byly zhotoveny výkresy předpínací a betonářské výztuže.

5. Seznam použitých zdrojů

Literatura:

- [1] ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*, Praha: ČNI, 2004.
- [2] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*, Praha: ČNI, 2004.
- [3] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*, Praha: ČNI, 2005, ZI 10/2006.
- [4] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení větrem*, Praha: ČNI, 2007, Oprava 1 9/2008.
- [5] ČSN EN 1991-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Zatížení zásobníků a nádrží*, Praha: ČNI, 2004.
- [6] ČSN EN 1992-3. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 3: Nádrže na kapaliny a zásobníky*, Praha: ČNI, 2004.
- [7] ČSN ISO 13822 (730038) *Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [8] ČSN EN 1991-1-5 *Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou*, Praha: ČNI, 2007.

Software:

- SCIA Engineer 16.1
- AutoCAD 2017
- Microsoft office WORD 2007
- Microsoft office EXCEL 2007

6. Seznam použitých zkratk a symbolů

Velká latinská písmena:

A_c	průřezová plocha betonu
A_s	průřezová plocha výztuže
A_{p1}	plocha jednoho přepínacího lana
E_{cm}	sečnový modul pružnosti betonu
E_s	modul pružnosti betonářské oceli
E_p	návrhová hodnota modulu pružnosti předpínací oceli
L	délka
M	ohybový moment
M_{Ed}	návrhová hodnota působícího ohybového momentu
N	normálová síla
N_{Ed}	návrhová hodnota normálové síly
ZS	zatěžovací stav

Malá latinská písmena:

b	šířka průřezu
c_{min}	minimální krycí vrstva
$c_{min,b}$	minimální krycí vrstva s přihlédnutím k požadavkům soudržnosti
$c_{min,dur}$	minimální krycí vrstva s přihlédnutím k podmínkám prostředí
c_{nom}	nominální hodnota krycí vrstvy
c	krytí výztuže
d	účinná výška průřezu
e	excentricita
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku
f_{ctm}	průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
f_{pk}	charakteristická tahová pevnost předpínací oceli
f_{pd}	návrhová mez kluzu předpínací oceli
f_{yd}	návrhová mez kluz betonářské výztuže
f_{yk}	charakteristická mez kluz betonářské výztuže
f_{ywd}	návrhová mez kluz betonářské smykové výztuže

g_k	charakteristické hodnota stálého zatížení
h	výška průřezu
k	zamýšlená úhlová změna
q_k	charakteristické hodnota proměnného zatížení
t	čas
x	vzdálenost neutrálné osy od nejvíce tlačného okraje
z_c	rameno vnitřních sil

Řecká písmena:

γ_G	dílčí součinitel stálého zatížení
γ_M	dílčí součinitel vlastnosti materiálu
γ_Q	dílčí součinitel proměnného zatížení
ε_c	poměrné stlačení betonu
ε_{cu3}	mezní poměrné stlačení betonu
ε_s	poměrné přetvoření betonářské výztuže
ϕ	průměr prutu betonářské výztuže
ψ_0	kombinační součinitel

7. Seznam příloh

- P1. Použité podklady a varianty řešení
- P2. Výkresy
- P3. Stavební postup a vizualizace
- P4. Statický výpočet